

Пушкарева Н.Б., Шумихина К.А., Оськина В.А.

РОЛЬ НАТУРНОГО И ВИРТУАЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА В ЛЕКЦИОННОМ КУРСЕ ФИЗИКИ

Pushkareva N.B., Shumihina K.A., Oskina V.A.

ROLE OF LIVE AND VIRTUAL EXPERIMENT IN THE LECTURE COURSE OF PHYSICS

nbpush@mail.ru

ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»

г. Екатеринбург



НОТБ-2014

В статье рассмотрены возможности применения натурального и виртуального эксперимента в рамках лекционного курса физики. Сформулированы основные преимущества и недостатки натурального и виртуального эксперимента. Показано, что в рамках лекционного курса физики при показе физического эксперимента наиболее целесообразно сочетание реальной установки с компьютерной моделью. Такое объединение «реального» и «виртуального» позволит студенту лучше изучить тот или иной физический процесс, а значит, глубже осмыслить изучаемые процессы и явления.

The article considers the possibility of using live and virtual experiment within the lecture course in physics. The main advantages and disadvantages of such experiment were formulated. It is shown that within the lecture course of physics showing of physical experiment it is more appropriate to combine real installation with a computer model. Such association of "real" and "virtual" allow students to understand better one or another physical process, and therefore to comprehend such processes and phenomena completely.

Современный стандарт физического образования требует такого построения учебного процесса, при котором студенты усваивают не только знания, но и основы методов научного познания. Это означает, что сообщение только умозрительных рассуждений, теоретических выкладок и экспериментально обнаруженных фактов в процессе изложения лекционного материала недостаточно, поэтому необходимо сопровождать каждую лекцию демонстрационным экспериментом. Кроме того, наличие наглядного эксперимента облегчает восприятие и оживляет изложение нового материала.

Применение виртуального эксперимента целесообразно для представления физических явлений, трудно воспроизводимых в реальном эксперименте. Компьютерное моделирование эксперимента повышает у студентов мотивацию к обучению и созданию моделей, позволяющих рассматривать физические процессы «изнутри», используя красивую графику, новейшее программное обеспечение и даже современные гаджеты. Такой виртуальный эксперимент позволяет студентам самостоятельно вносить изменения в протекание процесса и визуализацию принципиально

ненаблюдаемых при эксперименте явлений. Все это делает целесообразным включение в натурный физический эксперимент элементов компьютерного моделирования.

Натурные эксперименты, в том числе и демонстрационные, при всех их безусловных достоинствах обладают одним существенным недостатком - параметры натурального эксперимента имеют весьма ограниченный диапазон изменения в силу технических возможностей конкретного прибора, условий демонстрации опыта и иных причин. А виртуальный эксперимент в качестве дополнения к натурным опытам сможет частично компенсировать недостатки и физический износ имеющегося демонстрационного оборудования.

«Физика колебаний» является неотъемлемым разделом как школьного, так и вузовского курсов. Этот раздел традиционно оснащен хотя бы минимальным демонстрационным экспериментом. При отсутствии такового, а также при использовании дистанционных технологий уместно использование интернет-ресурсов, например, видеозаписей демонстраций и компьютерных моделей физических явлений.

Рассмотрим, как решаются вопросы методической поддержки лекционного курса на примере сложения взаимно перпендикулярных гармонических колебаний и получение Фигур Лиссажу.

Для простоты вначале рассмотрим случай, когда частоты складываемых колебаний одинаковы. Тогда вид уравнения результирующего колебания и его траектория будут определяться разностью фаз складываемых колебаний

$$\begin{cases} U_x = U_{01} \cos(\omega t + \varphi_{01}) \\ U_y = U_{02} \cos(\omega t + \varphi_{02}) \end{cases} \Delta\varphi = \varphi_{01} - \varphi_{02}. \quad (1)$$

Если эти колебания синфазны ($\Delta\varphi = 0$), то уравнение траектории (прямой) имеет вид

$$y = \frac{U_{01}}{U_{02}} x. \quad (2)$$

Если же складываемые колебания противофазны ($\Delta\varphi = \pi$), то результирующее колебание происходит вдоль прямой во втором квадранте

$$y = -\frac{U_{02}}{U_{01}} x. \quad (3)$$

Уравнения (2) и (3) получены из уравнений (1) путем исключения времени и переобозначений: $U_x = x$, а $U_y = y$.

Следовательно, в случае $\omega_1 = \omega_2 = \omega$ и $\Delta\varphi = 0$ или $\Delta\varphi = \pi$ результирующее колебание происходит с частотой ω вдоль прямой (2) или (3), с амплитудой $U_0 = \sqrt{U_{01}^2 + U_{02}^2}$. Рис. 1 поясняет это.

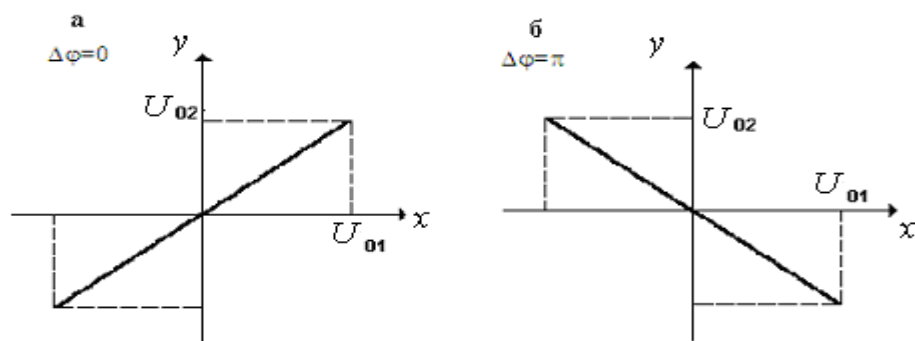


Рис. 1. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний

Если частоты складываемых перпендикулярных колебаний не одинаковы ($\omega_1 \neq \omega_2$), то траектории результирующего движения представляют собой сложные кривые. Если отношение частот равно отношению целых чисел, то траектории оказываются замкнутыми фигурами, называемыми фигурами Лиссажу. В качестве примера рассмотрим сложение взаимно перпендикулярных колебаний, частоты которых отличаются в два раза:

$$\left. \begin{aligned} U_x &= U_{01} \cos(\omega_x t + \varphi_{01}) \\ U_y &= U_{02} \cos(\omega_y t + \varphi_{02}) \end{aligned} \right\} \frac{\omega_x}{\omega_y} = \gamma = 2, \Delta\varphi = 0 (\varphi_{01} = \varphi_{02} = 0).$$

Снова используя переобозначения и тригонометрические преобразования, перепишем уравнения

$$\begin{cases} x = U_{01} \cos \omega t, \\ y = U_{02} \cos \frac{\omega}{2} t = U_{02} \sqrt{\frac{1 + \cos \omega t}{2}}. \end{cases} \quad (4)$$

Исключив из системы (4) время, получим уравнение параболы

$$\frac{2y^2}{U_{02}^2} - \frac{x}{U_{01}} = 1, \quad (5)$$

вершина которой находится в точке $(-U_{01}, 0)$, ось параболы совпадает с осью x , вогнутость обращена вправо (рис. 2)

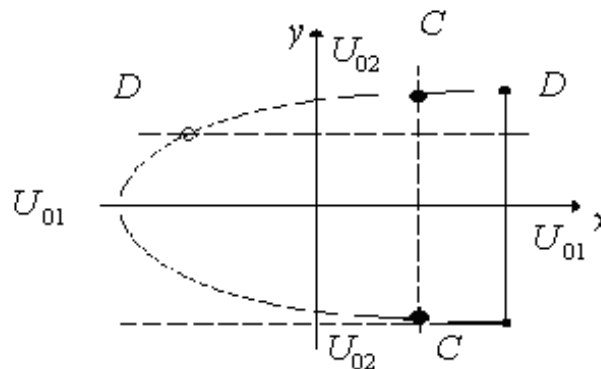


Рис. 2. Гармонические колебания по параболической кривой

Надо иметь в виду, что фазы складываемых колебаний φ_{01} и φ_{02} на практике медленно изменяются со временем, соответственно и разность фаз $\Delta\varphi$ претерпевает изменения со временем. В результате наблюдаемая на экране осциллографа картина неизбежно «плывет»: фигура Лиссажу постепенно трансформируется, принимая различные, но характерные для данного значения γ формы, соответствующие всевозможным значениям $\Delta\varphi$ в пределах от 0 до 2π .

Отношение частот складываемых колебаний можно легко определить по форме фигуры Лиссажу. Для этого достаточно провести две вспомогательные линии (это линии CC' и DD' на рис. 2), перпендикулярные осям x и y , и подсчитать количество пересечений этими линиями фигуры Лиссажу. В нашем примере на рис. 2.







$$\gamma = \frac{\omega_x}{\omega_y} = \frac{2}{1},$$





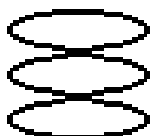


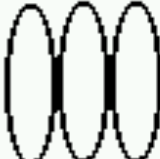



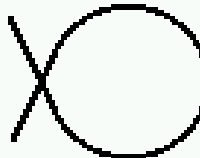
где 2 – число пересечений для линии CC , 1 – число пересечений для линии DD .

В таблице 1 представлены фигуры Лиссажу для разных соотношений частот γ и разностей фаз $\Delta\varphi$.

Таблица 1

Фигуры Лиссажу

Отношение частот γ	Разность фаз $\Delta\varphi$		
	0	$\pi/2$	π
$\gamma = \frac{\omega_x}{\omega_y} = \frac{1}{1}$			
$\gamma = \frac{\omega_x}{\omega_y} = \frac{2}{1}$			

$\gamma = \frac{\omega_x}{\omega_y} = \frac{1}{2}$			
$\gamma = \frac{\omega_x}{\omega_y} = \frac{3}{1}$			
$\gamma = \frac{\omega_x}{\omega_y} = \frac{1}{3}$			
$\gamma = \frac{\omega_x}{\omega_y} = \frac{2}{3}$			

Для наглядной демонстрации результата сложения взаимно-перпендикулярных гармонических колебаний используется программный пакет LabVIEW. LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench– «Средства разработки лабораторных виртуальных приборов»), представляет собой среду графического программирования, которая широко используется в промышленности, а также применяется в самых разнообразных сферах человеческой деятельности, в том числе и в образовании. В настоящее время данный пакет программ установлен в лекционных аудиториях.

Интерфейс такой программы представляет собой двухканальный осциллограф, генератор гармонических сигналов и источник сетевого

сигнала. На лицевых панелях приборов расположены органы управления приборами.

Источник сетевого сигнала подает на один канал осциллографа синусоидальный сигнал постоянной амплитуды. На другой канал подается синусоидальный сигнал от звукового генератора, амплитуду которого можно плавно регулировать. Значение установленной частоты сигнала, поступающего с генератора, отображается в окне цифрового дисплея. Эту частоту также легко изменять, делая ее значения кратным частоте сетевого напряжения. На экране монитора получаем результат сложения двух колебаний - фигуры Лиссажу.

Разработанная нами демонстрационная модель предусматривает удобную возможность изменения амплитуды, частоты и начальной фазы для случаев сложения взаимно перпендикулярных колебаний. В отличие от картинки, получающейся на экране простого осциллографа, фигуры Лиссажу получают стабильными и не подверженными трансформациям из-за «плывущей» разности фаз. Это обстоятельство дает возможность четко показать влияние разности фаз на вытянутость эллипса, получающегося при сложении колебаний с одинаковыми частотами, а также направление движения точки по эллипсу.

Чтобы продемонстрировать сложение взаимно перпендикулярных колебаний в механике, можно перейти к натурному эксперименту и воспользоваться маятником Эйри, который состоит из воронки с отверстием, подвешенной на двух нитях (рис. 3).

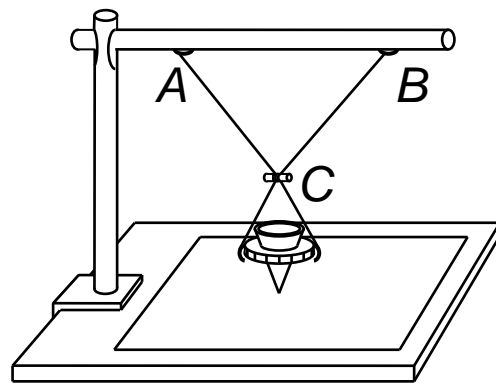


Рис. 3. Схема установки

Устанавливают маятник на демонстрационном столе. В воронку насыпают мелкий просушенный песок, а под ней располагают экран. Устанавливают фиксатор в такой точке, чтобы периоды колебаний воронки,

совершающей колебания в двух взаимно перпендикулярных направлениях, относились как 3:2.

Передвигая фиксатор в другое положение, показывают фигуры, соответствующие другому соотношению периодов колебаний воронки.

Воронка, подвешенная на нитях, охваченных фиксатором, является примером системы с двумя степенями свободы, в которой можно одновременно возбудить взаимно-перпендикулярные колебания, соответствующие двум модам. Такой маятник может колебаться относительно оси, проходящей через плоскость подвеса (вертикальная плоскость) и относительно оси, перпендикулярной к первой и проходящей через точку фиксатора (горизонтальная плоскость). Очевидно, что частота первых колебаний меньше частоты вторых.

Подобрав положение колечка таким образом, чтобы отношение частот равнялось 1:2, наполняют воронку маятника песком. Зажав пальцем руки отверстие, отклоняют воронку по диагонали экрана и толчком приводят маятник в колебательное движение. Фигура Лиссажу, которую описывает движущаяся воронка и повторяет высыпавшийся песок, зависит от направления этого толчка. При начальном толчке воронки в направлении, лежащем в плоскости штатива, на экране появится «восьмерка».



ис. 4. Маятник Эйри

Передвигая фиксатор по нитям маятника, можно получать фигуры Лиссажу, соответствующие другому соотношению частот нормальных колебаний (мод).

В заключении отметим, что в рамках лекционного курса физики при показе физического эксперимента наиболее целесообразно сочетание реальной установки с компьютерной моделью. Такое объединение «реального» и «виртуального» позволит студенту лучше изучить тот или

иной физический процесс, а значит, глубже осмыслить изучаемые процессы и явления. Все это, несомненно, должно повысить качество физического образования, предлагаемое в нашем университете.